

Сравнительные показатели режимов перемешивания.

| Режим работы мешалки            | Скорость течения, м/с |       |       | Время пребывания, с |       |       | Путь, м |       |       |
|---------------------------------|-----------------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|---------|-------|-------|
|                                 | Мин.                  | Сред. | Макс. | Мин.                | Сред. | Макс. | Мин.    | Сред. | Макс. |
| Формирование нисходящих потоков | 0                     | 0,64  | 6,4   | 20                  | 90    | 170   | 5       | 17    | 40    |
| Формирование восходящих потоков | 0                     | 0,68  | 6,9   | 25                  | 165   | 276   | 15      | 51    | 85    |

Установлено, что распределение скоростей и времени пребывания технологических сред в объеме аппарата обладают существенными неоднородностями для рассмотренных режимов, что негативно сказывается на качестве проведения технологического процесса. Необходима оптимизация конструкции и режимов работы перемешивающего устройства.

1. Авраменко М.И., О к-ε модели турбулентности, РФЯЦ – ВНИИТФ (2010).
2. Илюшин Б.Б., Процессы переноса в турбулентных течениях: курс лекций (2009).
3. Wilcox D.C., Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries (2006).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРОВОЗДУШНОЙ КОНВЕРСИИ ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ МЕТОДОМ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Никитин А.Д.<sup>\*</sup>, Рыжков А.Ф.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [nikitin.a.d@yandex.ru](mailto:nikitin.a.d@yandex.ru)

## A STADY OF AIR-STEAM CHARCOAL CONVERSION BY THERMOGRAPHIMETRIC ANALYSIS

Nikitin A.D.<sup>\*</sup>, Ryzhkov A.F.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The thermogravimetric analysis was used to study the conversion of charcoal in flow of air, steam, and air-steam mixture at 800 ° C. The composition of the conversion products was obtained using a mass-spectrometer. For individual particles ranging in size from 3 to 18 mm, the conversion rate in an air-steam mixture is higher than in air. For a bed of 0-200 μm particles, the addition of steam to the air blast causes a reduction in the conversion rate.

Добавка водяного пара в воздушное или кислородное дутье при сжигании топлива является одним из способов повышения скорости конверсии. При температурах до 1200°C реакция углерода топлива с кислородом вследствие высокой скорости химического взаимодействия протекает на поверхности частиц топлива

по модели стягивающегося ядра, тогда как реакция углерода топлива с водяным паром проходит по объему частицы по причине более низкой скорости химического реагирования по сравнению со скоростью диффузии пара внутрь частицы. В результате коксозольный остаток имеет высокую пористость и представляет собой сорбент – активированный уголь. Применение коксозольного остатка в качестве сорбента превращает недожог твердого топлива из проблемы в полезный эффект. Однако для выбора оптимальных режимов энерготехнологии с получением тепловой энергии и сорбента в результате паровоздушной конверсии требуются дополнительные исследования.

В данной работе проведено сравнение скорости конверсии древесного угля в смеси пар-воздух с конверсией в чистом воздухе и чистом паре. Исследования проводились на приборе термогравиметрического анализа NETZSCH STA 449F3, совмещенном с квадрупольным масс-спектрометром QMS 403C Aeolos. Эксперименты осуществлялись в изотермическом режиме при температуре 800°C. Проба древесного угля нагревалась в аргоне со скоростью 20 °C/мин, затем подавался окислитель. Расход воздуха составлял 8 л/ч. Водяной пар подавался с расходом 5 г/ч в смеси с продувочным газом (либо с аргоном, либо с воздухом), расход газа – 8 л/ч. Проведены опыты на ТГ-держателе в виде плоской тарелки с индивидуальными частицами в форме куба массой 5, 130 и 1250 мг. На ДСК-держателе исследовался слой частиц размером 0-200 мкм, навеска массой 5 мг помещались в цилиндрический тигель диаметром 6 мм и высотой 4 мм. В результате обработки полученных на масс-спектрометре ионных токов определен состав продуктов конверсии для каждого случая.

Для малой индивидуальной частицы (5 мг, 3 мм) конверсия осуществлялась в режиме с большим избытком окислителя, для средней частицы (130 мг, 9 мм) – в режиме, близком к стехиометрическому, для крупной (1250 мг, 16 мм) – при недостатке окислителя. Во всех случаях скорость конверсии частицы в смеси воздуха и пара была выше, чем в чистом воздухе и чистом паре. Это совпадает с литературными данными [1, 2]. Однако для слоя частиц массой, аналогичной массе малой частицы, при добавке пара в дутье наблюдается снижение скорости конверсии, которое пропорционально доле пара в дутье.

Проведены дополнительные эксперименты по частичной паровоздушной конверсии крупной частицы древесного угля. При описанной программе эксперимента подача окислителя прекращалась при достижении степени конверсии 0,5. При сопоставлении размеров частиц до и после конверсии видно, что при чисто воздушном дутье частица равномерно сгорает сверху вниз, при чисто паровом дутье размеры частицы не изменяются, а при конверсии в смеси пар-воздух эти механизмы протекают параллельно.

1. Gil M.V. et al. J. Therm. Anal. Calorim., 109 (2012).
2. Zhang L. et al. J. Therm. Anal. Calorim., 126, 2 (2016).